

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-227543

(43)Date of publication of application : 15.08.2003

(51)Int.Cl.

F16F 15/03

(21)Application number : 2002-026531

(71)Applicant : FOUNDATION FOR THE  
PROMOTION OF INDUSTRIAL  
SCIENCE  
KAYABA IND CO LTD

(22)Date of filing : 04.02.2002

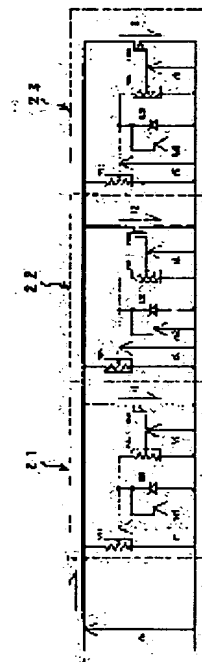
(72)Inventor : SUDA YOSHIHIRO  
HIO KOJI  
KONDO TAKAHIRO  
YAMAGATA HIDEKI

## (54) ELECTROMAGNETIC DAMPER CONTROL DEVICE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an electromagnetic damper control device which needs no external power source and applies a desired damping force to an electromagnetic damper.

SOLUTION: In this electromagnetic damper control device for the electromagnetic damper in which a first member to which a magnet is mounted and a second member to which a solenoid is mounted are relatively rotatably combined, and an electromagnetic force induced by the solenoid by the relative rotary motion of the first member and the second member is used as a motion damping force, a current limit element operated by a voltage generated at the solenoid by the relative rotary motion of the first member and the second member is provided, and the current limit element controls an electric current flowing through the solenoid based on the voltage generated at the solenoid so as to control the damping force of the electromagnetic damper.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2003-227543  
(P2003-227543A)

(43)公開日 平成15年8月15日(2003.8.15)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

F 1 6 F 15/03

識別記号

F I

F 1 6 F 15/03

テームト\* (参考)

G 3 J 0 4 8

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 14 頁)

(21)出願番号 特願2002-26531(P2002-26531)

(22)出願日 平成14年2月4日(2002.2.4)

(71)出願人 801000049

財団法人生産技術研究奨励会

東京都目黒区駒場四丁目6番1号

(71)出願人 000000929

カヤバ工業株式会社

東京都港区浜松町2丁目4番1号 世界貿

易センタービル

(72)発明者 須田 義大

東京都大田区田園調布二丁目33番4号

(74)代理人 100075513

弁理士 後藤 政喜 (外1名)

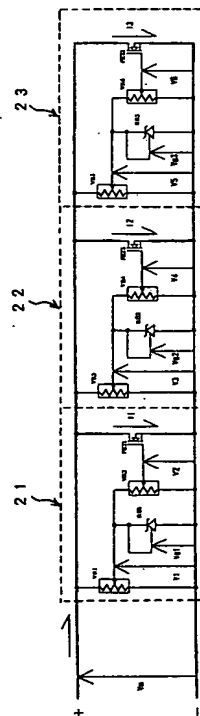
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電磁ダンパ制御装置

(57)【要約】

【課題】 外部からの電源を必要とせず、電磁ダンパに所望の減衰力を与えることができる電磁ダンパ制御装置を提供する。

【解決手段】 磁石が取り付けられた第1部材と、ソレノイドが取り付けられた第2部材とが相対回転可能に組み合わされ、前記第1部材と前記第2部材との相対回転運動によってソレノイドにより誘起される電磁力を運動減衰力として利用する電磁ダンパ用の電磁ダンパ制御装置において、前記第1部材と前記第2部材との相対回転運動により前記ソレノイドに生じる電圧によって動作する電流制限素子を設け、前記電流制限素子は、前記ソレノイドに生じる電圧に基づいて、前記ソレノイドに流れる電流を所定の値に制御して、前記電磁ダンパの減衰力を制御することを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】磁石が取り付けられた第 1 部材と、ソレノイドが取り付けられた第 2 部材とが相対回転可能に組み合わせられ、前記第 1 部材と前記第 2 部材との相対回転運動によってソレノイドにより誘起される電磁力を運動減衰力として利用する電磁ダンパ用の電磁ダンパ制御装置において、

前記第 1 部材と前記第 2 部材との相対回転運動により前記ソレノイドに生じる電圧によって動作する電流制限素子を設け、

前記電流制限素子は、前記ソレノイドに生じる電圧に基づいて、前記ソレノイドに流れる電流を所定の値に制御して、前記電磁ダンパの減衰力を制御することを特徴とする電磁ダンパ制御装置。

【請求項 2】前記電磁ダンパ制御装置は、前記電流制限素子を備えた電流制限回路が複数並列に接続されて構成され、

前記電流制限回路は、前記ソレノイドに流れる電流を所定の値に制御する電圧が異なって設定されていることを特徴とする請求項 1 に記載の電磁ダンパ制御装置。

【請求項 3】前記電磁ダンパ制御装置は、定電圧を生成する定電圧素子と、前記ソレノイドに流れる電流を一定の値に制御する電流制限素子とを備えた電流制限回路を含んで構成され、

前記ソレノイドに生じる電圧が所定の値に至ると前記定電圧素子が生成する一定の電圧を前記電流制限素子に加えて、前記電流制限素子に流れる電流を一定の値に制御することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の電磁ダンパ制御装置。

【請求項 4】前記定電圧素子はシャントレギュレータで構成され、前記電流制限素子は電界効果トランジスタで構成されており、

前記ソレノイドに生じる電圧が所定の値を超えると前記シャントレギュレータによって定電圧が生成され、該定電圧を前記電界効果トランジスタのゲートに加えて、前記電流制限素子のソース・ドレイン間に流れる電流を一定値に制御することを特徴とする請求項 3 に記載の電磁ダンパ制御装置。

【請求項 5】前記電流制限回路には、前記定電圧素子が生成する定電圧を設定する設定回路を設けたことを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載の電磁ダンパ制御装置。

【請求項 6】前記定電圧素子を構成するシャントレギュレータは、少なくとも、高電圧側に接続される第 1 端子と、低電圧側に接続される第 2 端子と、前記シャントレギュレータの動作の基準電圧を与える基準電圧端子とを有し、

前記電流制限回路には、前記基準電圧端子と前記第 1 端子又は前記第 2 端子との間に可変抵抗素子を接続して、前記シャントレギュレータが生成する定電圧を設定する設定回路を設けたことを特徴とする請求項 4 に記載の電

磁ダンパ制御装置。

【請求項 7】前記第 1 部材をステータとし、前記第 2 部材をロータとして構成したモータと、直線運動するシリンダと、前記シリンダに螺合する回転部材によって該直線運動を回転運動に変換する運動変換部材と、を備え、

前記回転部材を前記ロータ又は前記ステータのいずれか一方に連結し、前記シリンダの移動によって前記モータを回転させ、前記ロータ・ステータ間に作用する電磁力を用いて減衰力を発生するようにした請求項 1 乃至 6 のいずれか一つに記載の電磁ダンパ制御装置。

【請求項 8】前記第 1 部材をステータとし、前記第 2 部材をロータとして構成したモータと、

前記ロータ又は前記ステータのいずれか一方に連結されたアーム部材と、前記ロータ又はステータの他方に連結された固定部材と、前記アーム部材と前記固定部材との間に介装した補助ダンパと、を備え、

前記アーム部材の揺動運動によって前記ロータ又は前記ステータの一方を回転させ、前記モータに作用する電磁力を用いて減衰力を発生するようにした請求項 1 乃至 6 のいずれか一つに記載の電磁ダンパ制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明が属する技術分野】本発明は、車両、建造物等に用いられる電磁ダンパ制御装置に関し、特に外部電源を加えることなく電磁ダンパの減衰力を制御することができる電磁ダンパ制御装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、電磁ダンパは相対伸縮可能に設けられたシリンダとアウトローを有し、シリンダの移動によってシリンダに備えられたナットがねじ山を有するボール軸を回転させることによって、ボール軸に接続されたモータの回転によって発生した起電力を用いて、モータに流れる電流を制御して、減衰力を発生させている。

【0003】この電流を制御する電磁ダンパ制御装置としては、モータから出力される電流をスイッチングするトランジスタのスイッチングのデューティ比を変化させることによって、電磁ダンパの誘導電圧を昇圧して、電磁ダンパに所望の減衰力が得られるようにしたものが提案されている（例えば、特開 2001-311452 号公報）。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】前述した従来の電磁ダンパ制御装置では、このような制御をするための制御回路を動作させるために電源を必要としており、外部から電源を供給する必要があるが、電源が遮断した状態では減衰特性が得られない問題があった。また、モータが発生する電圧に基づいて、制御プログラムによってスイッチングトランジスタのデューティ比を変化させているので、電磁ダンパの減衰力を容易に変更することができな

かった。

【0005】本発明は、外部からの電源を必要とせず、電磁ダンパに所望の減衰力を与えることができる電磁ダンパ制御装置を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】第1の発明は、磁石が取り付けられた第1部材と、ソレノイドが取り付けられた第2部材とが相対回転可能に組み合わせられ、前記第1部材と前記第2部材との相対回転運動によってソレノイドにより誘起される電磁力を運動減衰力として利用する電磁ダンパ用の電磁ダンパ制御装置において、前記第1部材と前記第2部材との相対回転運動により前記ソレノイドに生じる電圧によって動作する電流制限素子を設け、前記電流制限素子は、前記ソレノイドに生じる電圧に基づいて、前記ソレノイドに流れる電流を所定の値に制御して（例えば、ソレノイドに生じる電圧が所定値に至ると、ソレノイドに流れる電流を所定の一定値に制御して）、前記電磁ダンパの減衰力を制御することを特徴とする。

【0007】第2の発明は、第1の発明において、前記電磁ダンパ制御装置は、前記電流制限素子を備えた電流制限回路が複数並列に接続されて構成され、前記電流制限回路は、前記ソレノイドに流れる電流を所定の値に制御する電圧が異なって設定されていることを特徴とする。

【0008】第3の発明は、第1～第2の発明において、前記電磁ダンパ制御装置は、定電圧を生成する定電圧素子と、前記ソレノイドに流れる電流を一定の値に制御する電流制限素子とを備えた電流制限回路を含んで構成され、前記ソレノイドに生じる電圧が所定の値に至ると前記定電圧素子が生成する一定の電圧を前記電流制限素子に加えて、前記電流制限素子に流れる電流を一定の値に制御することを特徴とする。

【0009】第4の発明は、第3の発明において、前記定電圧素子はシャントレギュレータで構成され、前記電流制限素子は電界効果トランジスタで構成されており、前記ソレノイドに生じる電圧が所定の値を超えると前記シャントレギュレータによって定電圧が生成され、該定電圧を前記電界効果トランジスタのゲートに加えて、前記電流制限素子のソース・ドレイン間に流れる電流を一定値に制御することを特徴とする。

【0010】第5の発明は、第3又は第4の発明において、前記電流制限回路には、前記定電圧素子が生成する定電圧を設定する設定回路を設けたことを特徴とする。

【0011】第6の発明は、第4の発明において、前記定電圧素子を構成するシャントレギュレータは、少なくとも、高電圧側に接続される第1端子と、低電圧側に接続される第2端子と、前記シャントレギュレータの動作の基準電圧を与える基準電圧端子とを有し、前記電流制限回路には、前記基準電圧端子と前記第1端子又は前記

第2端子との間に可変抵抗素子を接続して、前記シャントレギュレータが生成する定電圧を設定する設定回路を設けたことを特徴とする。

【0012】第7の発明は、第1～第6の発明において、前記第1部材をステータとし、前記第2部材をロータとして構成したモータと、直線運動するシリンダと、前記シリンダに螺合する回転部材によって該直線運動を回転運動に変換する運動変換部材と、を備え、前記回転部材を前記ロータ又は前記ステータのいずれか一方に連結し、前記シリンダの移動によって前記モータを回転させ、前記ロータ・ステータ間に作用する電磁力を用いて減衰力を発生するようにした。

【0013】第8の発明は、第1～第6の発明において、前記第1部材をステータとし、前記第2部材をロータとして構成したモータと、前記ロータ又は前記ステータのいずれか一方に連結されたアーム部材と、前記ロータ又はステータの他方に連結された固定部材と、前記アーム部材と前記固定部材との間に介装した補助ダンパと、を備え、前記アーム部材の揺動運動によって前記ロータ又は前記ステータの一方を回転させ、前記モータに作用する電磁力を用いて減衰力を発生するようにした。

【0014】

【発明の作用および効果】第1の発明では、磁石が取り付けられた第1部材と、ソレノイドが取り付けられた第2部材とが相対回転可能に組み合わせられ、前記第1部材と前記第2部材との相対回転運動によってソレノイドにより誘起される電磁力を運動減衰力として利用する電磁ダンパ用の電磁ダンパ制御装置において、前記第1部材と前記第2部材との相対回転運動により前記ソレノイドに生じる電圧によって動作する電流制限素子を設け、前記電流制限素子は、前記ソレノイドに生じる電圧に基づいて、前記ソレノイドに流れる電流を所定の値に制御して、前記電磁ダンパの減衰力を制御するので、電磁ダンパ制御装置に外部から電源を加えることなく、簡単な回路構成で電磁ダンパの減衰力を制御することができる。

【0015】第2の発明では、前記電磁ダンパ制御装置は、前記電流制限素子を備えた電流制限回路が複数並列に接続されて構成され、前記電流制限回路は、前記ソレノイドに流れる電流を所定の値に制御する電圧が異なって設定されているので、電磁ダンパの減衰力を多段階に設定することができる。

【0016】第3の発明では、前記電磁ダンパ制御装置は、定電圧を生成する定電圧素子と、前記ソレノイドに流れる電流を一定の値に制御する電流制限素子とを備えた電流制限回路を含んで構成され、前記ソレノイドに生じる電圧が所定の値に至ると前記定電圧素子が生成する一定の電圧を前記電流制限素子に加えて、前記電流制限素子に流れる電流を一定の値に制御するので、電磁ダンパ制御装置に外部から電源を加えることなく、簡単な回路構成で電磁ダンパの減衰力を制御することができる。

【0017】第4の発明では、前記定電圧素子はシャントレギュレータで構成され、前記電流制限素子は電界効果トランジスタで構成されており、前記ソレノイドに生じる電圧が所定の値を超えると前記シャントレギュレータによって定電圧が生成され、該定電圧を前記電界効果トランジスタのゲートに加えて、前記電流制限素子のソース・ドレイン間に流れる電流を一定値に制御することで、電磁ダンパ制御装置に外部から電源を加えることなく、簡単な回路構成で電磁ダンパの減衰力を制御することができる。

【0018】第5の発明では、前記電流制限回路には、前記定電圧素子が生成する定電圧を設定する設定回路を設けたので、簡単な回路構成で電磁ダンパの減衰力を容易に設定することができる。

【0019】第6の発明では、前記定電圧素子を構成するシャントレギュレータは、少なくとも、高電圧側に接続される第1端子と、低電圧側に接続される第2端子と、前記シャントレギュレータの動作の基準電圧を与える基準電圧端子とを有し、前記電流制限回路には、前記基準電圧端子と前記第1端子又は前記第2端子との間に可変抵抗素子を接続して、前記シャントレギュレータが生成する定電圧を設定する設定回路を設けたので、簡単な回路構成で電磁ダンパの減衰力を容易に設定することができる。

【0020】第7の発明では、前記第1部材をステータとし、前記第2部材をロータとして構成したモータと、直線運動するシリンダと、前記シリンダに螺合する回転部材によって該直線運動を回転運動に変換する運動変換部材と、を備え、前記回転部材を前記ロータ又は前記ステータのいずれか一方に連結し、前記シリンダの移動によって前記モータを回転させ、前記ロータ・ステータ間に作用する電磁力を用いて減衰力を発生するようにし、第8の発明では、前記第1部材をステータとし、前記第2部材をロータとして構成したモータと、前記ロータ又は前記ステータのいずれか一方に連結されたアーム部材と、前記ロータ又はステータの他方に連結された固定部材と、前記アーム部材と前記固定部材との間に介装した補助ダンパと、を備え、前記アーム部材の揺動運動によって前記ロータ又は前記ステータの一方を回転させ、前記モータに作用する電磁力を用いて減衰力を発生するようにしたので、電磁ダンパの構成によらず、電磁ダンパに適切な減衰力を与えることができる。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図面に基づいて説明する。

【0022】図1は、本発明の電磁ダンパ制御装置が適用される電磁ダンパの構成を示す断面図である。

【0023】このダンパは、シリンダ1が筒状のアウトター2の内部を摺動可能に収容されて構成されている。シリンダ1には、内部にネジ溝が設けられたナット3が、

シリンダ1との間で回転をしないように取り付けられている。また、アウトター2の内部にはネジ山が設けられた軸（ボールネジ）4が回転自在に取り付けられている、このナット3とボールネジ4とは互いのネジ溝とネジ山とが係合して、ナット3がボールネジ4を回転させながら、シリンダ1が筒状のアウトター2の内部を摺動可能のように取り付けられている。ボールネジ4は直流モータ5の回転軸に連結されている。モータ5は、内部に磁石とソレノイドを備えており、回転軸に設けられたソレノイドが磁石近傍を移動することで、ソレノイドにはモータの回転数に比例した誘導起電力が発生する。

【0024】このように構成された電磁ダンパでは、シリンダ1がアウトター2内部を軸方向に摺動可能であり、シリンダ1がアウトター2内部を移動するとナット3がボールネジ4に係合して、ボールネジ4を回転させながら移動する。そして、ボールネジ4の回転によって、モータ5が回転してモータ5に誘導起電力が発生する。

【0025】次に、この電磁ダンパを自動車に適用した場合について説明する。自動車の車体側にアウトター2を取り付け、サスペンション側にシリンダ1を取り付けて、自動車に電磁ダンパを取り付けると、車体の上下運動はシリンダ1とアウトター2との伸縮運動となり、車体の上下運動はボールネジ4の回転運動に変換される。そして、モータ5の回転軸が車体の上下運動に合わせて回転して、モータ5の回転軸（ボールネジ4）の回転数に比例した誘導起電力がモータ5に発生し、モータ5に電流が流れる。この誘導起電力に起因して、モータ5の回転軸（ボールネジ4）の回転方向と逆方向のトルクをモータ5に発生させることができる。この回転方向と逆方向のトルクは、電磁ダンパが発生する減衰力（荷重）となり、モータ5に流れる電流量を可変することで、電磁ダンパの減衰力を制御することができる。すなわち、モータ5に流れる電流が大きければ、モータ5に発生する回転方向と逆方向のトルクは大きくなり、モータ5に流れる電流が小さければ、モータ5に発生する回転方向と逆方向のトルクは小さくなる。このように、電磁ダンパは、モータ5をアクチュエータとして使用してシリンダ1を動作させる場合と、逆の動作をするものである。

【0026】このような電磁ダンパは、オイルダンパと比較して、シリンダの移動に基づくエネルギーを回生することができる利点がある。また、ダンパに特別なセンサを設けなくても、ダンパの動きを直接知ることができる（モータの回転数、回転方向によってダンパの動き（伸縮方向、伸缩量）を検出することができる）。また、ダンパに油を用いないことから、油漏れが生じないオイルレスダンパとすることができる。また、従来のオイルダンパに比べ、制御性がよく、セミアクティブサスペンション等への応用が容易である。また、ダンパの減衰力を容易に変更することができ、ダンパ用チューニングツールへの応用が期待できる。

【0027】図2は、本発明の実施の形態の電磁ダンパ制御回路の構成を示す回路図である。

【0028】モータ5の出力電圧は電磁ダンパ制御回路6に入力されており、電磁ダンパ制御回路6がモータ5に流れる電流を制御して、電磁ダンパの減衰力が制御される。

【0029】電磁ダンパ制御回路6は、モータ5からの出力電流の向きをそろえる半波整流回路7、電流制限回路10、11を逆電圧から保護する逆接続防止回路8、9、モータ5からの出力電流の大きさを制御する電流制御回路10、11によって構成される。

【0030】モータ5が正方向（CW）に回転しているとき、モータ5には、端子Aを正とし端子Bを負とする起電力が発生しており、モータ5からの出力電流は $I_{cw}$ 方向に流れる。この電流 $I_{cw}$ は整流回路7を介してCW側電流制御回路10に流れる（ $I_7$ ）。また、モータ5からの電流 $I_{cw}$ の一部は、整流回路7を介さずに逆接続防止回路9を流れてCW側電流制御回路10に至る（ $I_9$ ）。よって、モータ5が正方向（CW）回転中のモータ5の出力電流、すなわちCW側電流制御回路10に流れる電流 $I_{cw}$ は

$$I_{cw} = I_7 + I_9$$

となり、正方向に回転中のモータ5に流れる電流 $I_{cw}$ の大きさはCW側電流制御回路10によって制御される。このとき逆接続防止回路9よって、CCW側電流制御回路11には電流が流れないように保護されているので、CCW側電流制御回路11は動作しない。

【0031】一方、モータ5が逆方向（CCW）に回転しているとき、モータ5には、端子Bを正とし端子Aを負とする起電力が発生しており、モータ5からの出力電流は $I_{ccw}$ 方向に流れる。この電流 $I_{ccw}$ は整流回路7を介してCCW側電流制御回路11に流れる（ $I_7$ ）。また、モータ5からの電流 $I_{ccw}$ の一部は、整流回路7を介さずに逆接続防止回路8を流れてCCW側電流制御回路11に至る（ $I_8$ ）。よって、モータ5が正方向（CW）回転中のモータ5の出力電流、すなわちCW側電流制御回路11に流れる電流 $I_{ccw}$ は

$$I_{ccw} = I_7 + I_8$$

となり、この電流 $I_{ccw}$ の大きさはCCW側電流制御回路11によって制御される。このとき逆接続防止回路8よって、CW側電流制御回路10には電流が流れないように保護されているので、CW側電流制御回路10は動作しない。

【0032】図3は、本発明の第1の実施の形態の電流制御回路10、11の構成を示す回路図である。

【0033】この電流制限回路10、11は各々3つの電流制限回路モジュール21、22、23（図中破線で囲まれている）が並列に接続されて構成されている。この各電流制限回路モジュールは等しい動作をするので、第1電流制限回路モジュール21についてその動作を説

明し、他の電流制限回路モジュール22、23の動作の説明は省略する。

【0034】モータ5が正方向（CW）又は逆方向（CCW）に回転することにより発生した起電力は、電流制御回路10、11に電圧 $V_m$ として加えられる。電流制限回路モジュール21の正負の端子間には $V_m$ を分圧する抵抗器 $V_R1$ が接続されている。第1の実施の形態では、抵抗器 $V_R1$ は可変抵抗器によって構成されており、分圧比を変更できるようにして、抵抗器 $V_R1$ によって分圧された電圧 $V_1$ を可変できるように構成されている。抵抗器 $V_R1$ の可動接点と負側端子間にはシャントレギュレータ $R_G1$ が接続されており、シャントレギュレータのアノード・カソード間の電圧を所定の基準電圧（レギュレート電圧） $V_g1$ より上昇させないように制御している。

【0035】また、シャントレギュレータ $R_G1$ には並列に抵抗器 $V_R2$ が接続されており、シャントレギュレータのアノード・カソード間電圧を分圧して電界効果トランジスタ $FET1$ のゲート電圧 $V_2$ を生成している。電界効果トランジスタ $FET1$ は電流制限回路モジュール21の正負端子間に接続されており、ソース・ドレイン間に流れる電流をゲート電圧 $V_2$ によって制御して、電流制限回路モジュール21に流れる電流を制御する。この電界効果トランジスタには、応答速度が速いこと及びオン抵抗が小さいことから、パワーMOSFETを用いると好適である。

【0036】なお、シャントレギュレータ $R_G1$ に代えてツェナーダイオードを使用してもよいが、レギュレート電圧（ツェナ電圧）のバラツキが大きく、温度変化によるツェナ電圧の変化が大きくなるので注意が必要である。

【0037】図4は、本発明の第1の実施の形態におけるモータ回転数と出力電圧 $V_m$ との関係を示す特性図である。本図では横軸にモータ5の回転数を、縦軸にモータ5が発生する出力電圧 $V_m$ を表している。本図より、モータ5が回転すると、その発電作用によって、モータ5の回転数に比例した誘導起電力による出力電圧 $V_m$ が発生することが分かる。

【0038】図5は、本発明の第1の実施の形態におけるモータ出力電圧 $V_m$ と分圧された電圧 $V_1$ との関係を示す特性図である。本図では横軸にモータ5が発生する出力電圧 $V_m$ を、縦軸に $V_R1$ によって分圧された電圧 $V_1$ を表している。本図より、モータ5の回転によるモータ5の出力電圧 $V_m$ が徐々に高くなると、 $V_R1$ によって設定された分圧比に従って $V_1$ も上昇し、さらにモータ5の出力電圧 $V_m$ が増加して、 $V_1$ がシャントレギュレータ $R_G1$ のレギュレート電圧 $V_g1$ に達すると、 $V_1$ はシャントレギュレータの作用によって一定電圧（レギュレート電圧） $V_g1$ に抑えられることが分かる。

【0039】図中複数の線は、VR1によって設定される分圧比が変化することによるV1-Vm特性の変化を示し、図中右下側の線ほどVR1によって設定される分圧比(V1/Vm)が小さい。すなわち、分圧比が小さいほど、モータ5の出力電圧Vmが同じであっても、VR1によって分圧されて生じる電圧V1は低くなる。

【0040】図6は、本発明の第1の実施の形態における分圧された電圧V1とゲート電圧V2との関係を示す特性図である。本図では横軸にVR1によって分圧された電圧V1を、縦軸にVR2によって分圧された電圧V2を表している。本図より、モータ5の回転によるモータ5の出力電圧Vmが上昇し、V1が徐々に高くなると、VR2によって設定された分圧比に従ってV2も上昇する。そして、さらにモータ5の出力電圧Vmが増加して、V1がシャントレギュレータRG1のレギュレート電圧Vg1に達して、V1がシャントレギュレータの作用によってレギュレート電圧Vg1に抑えられると、V2もVR2によって設定された分圧比によって定められる電圧に抑えられることが分かる。

【0041】図中複数の線は、VR2によって設定される分圧比が変化することによるV2-V1特性の変化を示し、図中右下側の線ほどVR2によって設定される分圧比(V2/V1)が小さい。すなわち、分圧比が小さいほど、V1が同じであっても、VR2によって分圧されて生じる電圧V2は低くなる。また、分圧比(V2/V1)が小さくなると、V1が飽和したとき(V1=Vg1のとき)の電圧V2が低くなる。

【0042】図7は、本発明の第1の実施の形態における電界効果トランジスタ(FET)の特性図である。本図では横軸にドレイン・ソース間電圧(モータの出力電圧Vm)を、縦軸にドレイン電流I1を表している。図中複数の線はゲート電圧V2によるドレイン電流I1の変化を示し、上に描かれている線ほどゲート電圧(V2)は大きくなる。

【0043】本図によれば、本実施の形態のFETはゲート電圧V2が高くなれば、飽和領域ではドレイン電流I1が増加し、飽和領域ではドレイン・ソース間電圧Vmによらず、ドレイン電流I1はほぼ一定となる特性を有していることが分かる。すなわち、ドレイン・ソース間電圧Vmによらず、ゲート電圧V2によってのみドレイン電流I1が制御される。

【0044】以下、前述した構成を有する電流制限回路モジュール21の動作について説明する。

【0045】モータ5が回転すると、その発電作用によって誘導起電力が発生し、出力電圧Vmが電流制限回路10、11(電流制限回路モジュール21)に加えられる。この電流制限回路10、11に加えられる出力電圧Vmはモータ5の回転数に比例する(図4)。シリンダ1がアウトター2中を徐々に速度を増して移動して、モータ5の回転数が増加し、Vmが徐々に高くなると、抵抗

器VR1によって分圧されたV1は、抵抗器VR1によって設定された分圧比に従って、電圧Vmに比例して上昇する(図5)。これに伴い、FET1のゲート電圧V2も、抵抗器VR2によって設定された分圧比に従って、抵抗器VR1によって分圧された電圧V1に比例して上昇する(図6)。

【0046】さらに、モータ5の回転数が増加して、抵抗器VR1によって分圧された電圧V1がレギュレート電圧Vg1に達すると、シャントレギュレータRG1の作用によって、電流制限回路10、11に加わる出力電圧Vmがさらに上昇しても、抵抗器VR1によって分圧された電圧V1はレギュレート電圧Vg1に制限され飽和状態となる。同様に抵抗器VR2によって分圧された電圧V2も、レギュレート電圧Vg1及びVR2で設定される分圧比によって定まる上限値に制限され飽和状態となる。

【0047】V2はFET1のゲート電圧なので、ゲート電圧V2が飽和していない状態では、ゲート電圧V2に応じてドレイン電流I1が流れる(図7)。すなわち、ゲート電圧V2が上昇するとFET1のドレイン電流I1が増加して、モータ5に流れる電流Icwを増加させる。なお、ゲート電圧V2が極めて低い状態ではFET1は動作せず、FET1の動作点を超えるゲート電圧が加わるまでドレイン電流I1は流れない。また、ゲート電圧V2が飽和した状態では、ゲート電圧V2は一定の電圧となり、ドレイン電流I1は一定値となる。

【0048】すなわち、電流制限回路10、11に加わるモータの出力電圧Vmが低いとき(Vmを分圧して生成されたゲート電圧V2が極めて低いとき)にはドレイン電流I1は流れないが、モータの出力電圧Vm(ゲート電圧V2)が上昇するとFET1のドレイン電流I1が増加してモータ5に流れる電流Icwを増加させる。そして、モータの出力電圧Vmがさらに上昇すると、ゲート電圧V2は一定の電圧に飽和して、FET1のドレイン電流I1も一定値となる。

【0049】図8は、電流制限回路10、11の特性図である。本図では横軸に電流制限回路に加えられる電圧(モータの出力電圧Vm)を、縦軸に電流制限回路10に流れる電流Icw(又は、電流制限回路11に流れる電流Iccw)を表している。

【0050】ドレイン電流I1、I2、I3が飽和する点で、Icwに変曲点があり、各変曲点の位置は抵抗器VR1~VR6によって、図上、上下左右に変更することができる。また、変曲点の数は電流制御回路内で並列に接続される電流制限回路モジュールの数によって変化させることができる。

【0051】すなわち、電流制限回路モジュールの数及び電流制限回路モジュール内の抵抗器VR1~VR6の抵抗値を適宜調整することによって、変曲点の数及び位置を任意に変化させることができ、モータ5に流れる電

流  $I_{cw}$  を任意に制御して、モータ 5 に生じる回転方向と逆向きのトルクを制御することができる。

【0052】モータ 5 の回転数が増加すると、FET 1 のゲート電圧  $V_2$  が増加し、ドレイン電流  $I_1$  が増加する。そして、モータ 5 の回転数がさらに増加すると、FET 1 のゲート電圧  $V_2$  がレギュレート電圧  $V_{g1}$  に制限されて、ドレイン電流  $I_1$  が一定の電流値に飽和する。そして、モータの出力電圧  $V_m$  がドレイン電流  $I_1$  の飽和電圧に達したときに（第 1 変曲点）、FET 2 のゲート電圧が動作点を越えるように可変抵抗  $VR_3$  を調整する。すなわち、電流制限回路モジュール 21 に流れる電流（ドレイン電流  $I_1$ ）が飽和した後に、電流制限回路モジュール 22 に電流（ドレイン電流  $I_2$ ）が流れ始めるように電流制限回路モジュール 22 を調整する。

【0053】よって、第 1 変曲点までの間は第 1 電流制限回路モジュールのみが動作して、FET 1 のドレイン電流  $I_1$  がモータ 5 に流れるので、モータ電流  $I_{cw}$  は、 $I_{cw} = I_1$

となる。さらに、第 1 変曲点から第 2 変曲点までの間は、第 1 電流制限回路モジュールに流れる電流は飽和しているが、第 2 電流制限回路モジュールが動作して、FET 2 のドレイン電流  $I_2$  もモータ 5 に流れるので、モータ電流  $I_{cw}$  は、

$$I_{cw} = I_2 + I_1 \text{ (飽和)}$$

となる。さらに、第 2 変曲点から第 3 変曲点までの間は、第 1 電流制限回路モジュール及び第 2 電流制限回路モジュールに流れる電流は飽和しているが、第 3 電流制限回路モジュールが動作して、FET 3 のドレイン電流  $I_3$  もモータ 5 に流れるので、モータ電流  $I_{cw}$  は、

$$I_{cw} = I_3 + I_2 \text{ (飽和)} + I_1 \text{ (飽和)}$$

となる。さらに、第 3 変曲点を過ぎてからは、第 1 電流制限回路モジュール、第 2 電流制限回路モジュール及び第 3 電流制限回路モジュールに流れる電流が飽和しているので、モータ電流  $I_{cw}$  は、

$$I_{cw} = I_3 \text{ (飽和)} + I_2 \text{ (飽和)} + I_1 \text{ (飽和)}$$

となる。

【0054】次に、電流制限回路 10、11 の特性図（図 8）における変曲点の位置の移動について説明する。以下、第 1 変曲点の移動について説明するが、他の変曲点もは同様に移動させることができるの、他の変曲点についての説明は省略する。

【0055】前述したように、 $VR_1$  によって設定される分圧比（ $V_1/V_m$ ）が変化することによって  $V_1-V_m$  特性が変化する（図 5）。すなわち、 $VR_1$  による分圧比が小さいほど、 $V_1$  が飽和するときのモータ 5 の出力電圧  $V_m$  が大きくなり、分圧比が大きいほど、 $V_1$  が飽和するときのモータ 5 の出力電圧  $V_m$  が小さくなる。つまり、 $VR_1$  による分圧比が小さいほど変曲点は図中右側に移動し、分圧比が大きいほど変曲点は図中左側に移動する。

【0056】また、 $VR_2$  によって設定される分圧比（ $V_2/V_1$ ）が変化することによって、 $V_2-V_1$  特性が変化する（図 6）。すなわち、 $VR_2$  による分圧比が小さいほど、 $V_2$  の飽和電圧が小さくなり、 $VR_2$  による分圧比が大きいほど、 $V_2$  の飽和電圧が大きくなる。つまり、 $VR_2$  による分圧比が小さいほど変曲点は図中下側に移動し、分圧比が大きいほど変曲点は図中上側に移動する。

【0057】このように、第 1 の実施の形態の電磁ダンパ制御回路によると、モータ 5 が発生した電圧を分圧して FET 1 に流れるドレイン電流  $I_1$  を制御するように構成したので、外部から電源を供給することなく、電磁ダンパによる減衰力を制御することができる。また、電流制限回路モジュール内の抵抗器を調整することで、電流制限回路モジュールの電流-電圧特性を変化させることができ、電磁ダンパによる減衰力を容易に制御することができる。また、電磁ダンパ制御回路を複数の電流制限回路モジュールを並列に接続して構成したので、電磁ダンパの動作速度（モータ 5 の回転数）によって、所望の減衰力を得ることができる。

【0058】図 9 は、本発明の第 2 の実施の形態の電流制御回路 10、11 内の電流制限回路モジュールの構成を示す回路図である。この第 2 の実施の形態では、前述した第 1 の実施の形態（図 3）と異なり、シャントレギュレータに加えられる基準電圧を変えることによって、シャントレギュレータのレギュレート電圧を可変することができるものである。なお、電流制限回路モジュール以外の電流制御回路 10、11 内の構成は、前述した第 1 の実施の形態と同じであるため、その説明は省略する。

【0059】モータ 5 が正方向（CW）又は逆方向（CCW）に回転することにより発生した起電力は、電流制御回路の電流制限回路モジュール 24 に出力電圧  $V_m$  として加えられる。電流制限回路モジュール 24 の正負の端子間には  $V_m$  を分圧する抵抗器  $VR_7$  が接続されている。第 2 の実施の形態では、抵抗器  $VR_7$  は可変抵抗器によって構成されており、分圧比を変更できるようにして、抵抗器  $VR_7$  によって分圧された電圧  $V_7$  を可変できるように構成されている。抵抗器  $VR_7$  の可動接点と負側端子間とのにはシャントレギュレータ  $RG_4$  が接続されており、シャントレギュレータのアノード・カソード間の電圧を、基準電圧によって定まる所定のレギュレート電圧  $V_o$  より上昇させないように制御している。シャントレギュレータ  $RG_4$  の基準電圧端子と電流制限回路モジュール 24 の負端子側との間には抵抗器  $R$  が接続され、シャントレギュレータ  $RG_4$  の基準電圧端子と抵抗器  $VR_7$  の可動接点との間には可変抵抗器  $VR_9$  が接続されている。この可変抵抗器  $VR_9$  と抵抗器  $R$  とによって、 $V_m$  を分圧した電圧である  $V_7$  を分圧することでシャントレギュレータに加える基準電圧  $V_{g4}$  を生成し

ている。すなわち、可変抵抗器VR9を可変することによって、V7の分圧比が変化して、シャントレギュレータに加わる基準電圧Vg4が変化する。

【0060】また、シャントレギュレータRG4には並列に抵抗器VR8が接続されており、シャントレギュレータのアノード・カソード間電圧を分圧して電界効果トランジスタFET4のゲート電圧V9を生成している。電界効果トランジスタFET4は電流制限回路モジュール24の正負端子間に接続されており、ドレイン電流I4をゲート電圧V9によって制御して、電流制限回路モジュール24に流れる電流を制御する。

【0061】以下、第2の実施の形態の電流制限回路モジュール24の動作について説明する。

【0062】モータ5が回転すると、その発電作用によって誘導起電力が発生し、出力電圧Vmが電流制限回路10、11（電流制限回路モジュール24）に加えられる。この電流制限回路モジュール24に加えられる出力電圧Vmはモータ5の回転数に比例して増加する。そして、シリンダ1がアウター2中を徐々に速度を増して移動して、モータ5の回転数が増加し、Vmが徐々に高くなると、抵抗器VR7によって分圧されたV7は、抵抗器VR7によって設定された分圧比に従って、電圧Vmに比例して上昇する。これに伴い、FET4のゲート電圧V9も、抵抗器VR8によって設定された分圧比に従って、抵抗器VR7によって分圧された電圧V7に比例して上昇する。

【0063】さらに、モータ5の回転数が増加して、抵抗器VR7によって分圧された電圧V7がレギュレート電圧Voに達すると、シャントレギュレータRG4の作用によって、電流制限回路モジュール24に加わる電圧Vmがさらに上昇しても、抵抗器VR7によって分圧された電圧V7はレギュレート電圧Voに制限され飽和状態となる。同様に抵抗器VR8によって分圧された電圧V9も、レギュレート電圧Vo及びVR8で設定される分圧比によって定まる上限値に制限され飽和状態となる。このシャントレギュレータのレギュレート電圧Voはシャントレギュレータの基準電圧端子に加えられる電圧及び基準電圧端子に接続される抵抗比（VR9/R）によって定まる、例えば、レギュレート電圧Voは、 $V_o = (1 + VR9/R) V_{g4}$ によって与えられるレギュレート電圧を発生するシャントレギュレータが提供されており（例えば、TL431）、可変抵抗の抵抗値VR9を変化させることで、シャントレギュレータのレギュレート電圧Voを変化させることができる。

【0064】V9はFET4のゲート電圧なので、ゲート電圧V9が飽和していない状態では、ゲート電圧V9に応じてドレイン電流I4が流れる。すなわち、ゲート電圧V9が上昇するとFET4のドレイン電流I4が増加して、モータ5に流れる電流Icwを増加させる。

【0065】このように、第2の実施の形態では、シャントレギュレータの基準電圧を変えることによって、レギュレート電圧Voを変化させることができ、FET4のゲート電圧の調整範囲が広がるので、ドレイン電流の調整範囲が広くなり、図8に示すIcw（又はIccw）変曲点の調整範囲を広げることができる。よって、電磁ダンパの減衰力を設定できる範囲が広がる。

【0066】図10は、本発明の電磁ダンパ制御装置が適用される別な電磁ダンパの構成を示す図である。

【0067】図10に示す電磁ダンパは、前述したシリンダが直線運動をする電磁ダンパ（図1）と異なり、ヒンジのような揺動運動をする部位に適用されるものである。

【0068】図10に示す電磁ダンパは、固定部31と可動部32とが、モータ33を介して相対的に回転可能に接続されて構成されている。モータ33は、内部に磁石とソレノイドを備えており、回転軸に設けられたソレノイドが磁石近傍を移動することで、ソレノイドにはモータの回転速度に比例した誘導起電力が発生する。すなわち、モータの本体ケース（ステータ）が固定部31に取り付けられており、モータの回転軸（ロータ）が可動部32に取り付けられている。そして、可動部32が固定部31に対して相対移動するとモータ33に誘導起電力が発生する。このときモータ33に流れる電流を、本発明に係る電磁ダンパ制御回路で制御することによって、モータ33の回転方向と逆方向のトルクを制御して、揺動部の減衰力を制御することができる。

【0069】なお、この電磁ダンパでは、モータ33は大きなトルクを発生することが要求されるので、固定部31とか胴部32との間に補助的なダンパ34を設けてもよい。さらに、ダンパに並列にバネ35を設け、固定部31、可動部32を所定位置に保持するように構成するとよい。また、モータに減速機を設けてモータの発生するトルクを増幅して移動部・固定部間に加えるように構成するとよい。

【0070】このように、図10に示す実施の形態では、直線運動を回転運動に変換する変換機構を設ける必要がないので、電磁ダンパを単純な構成とすることができる。

#### 40 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の電磁ダンパ制御装置が適用される電磁ダンパの構成を示す断面図である。

【図2】本発明の実施の形態の電磁ダンパ制御回路の構成を示す回路図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態の電流制御回路の構成を示す回路図である。

【図4】本発明の第1の実施の形態におけるモータ回転数と出力電圧Vmとの関係を示す特性図である。

50 【図5】本発明の第1の実施の形態におけるモータ出力電圧Vmと分圧された電圧V1との関係を示す特性図で

ある。

【図6】本発明の第1の実施の形態における分圧された電圧V1とゲート電圧V2との関係を示す特性図である。

【図7】本発明の第1の実施の形態におけるFETの特性図である。

【図8】本発明の第1の実施の形態の電磁ダンパ制御回路の特性図である。

【図9】本発明の第2の実施の形態の電流制限回路モジュールの構成を示す回路図である。

【図10】本発明の電磁ダンパ制御装置が適用される別な電磁ダンパの構成図である。

#### 【符号の説明】

- 1 シリンダ
- 2 アウター
- 3 ナット
- 4 ボールネジ
- 5 モータ
- 6 電磁ダンパ制御回路
- 7 整流回路

#### 8、9 逆接続防止回路

- 10 電流制限回路 (CW回転側)
- 11 電流制限回路 (CCW回転側)
- 21 第1電流制限回路モジュール
- 22 第2電流制限回路モジュール
- 23 第3電流制限回路モジュール
- 24 電流制限回路モジュール
- 31 可動部
- 32 固定部
- 33 モータ
- 34 ダンパ

VR1、VR2、VR3、VR7 可変抵抗器

VR4、VR5、VR6、VR8 可変抵抗器

RG1、RG2、RG3、RG4 ショントレギュレータ

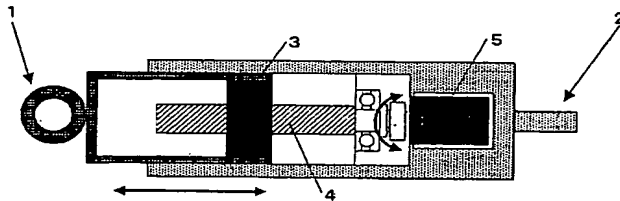
FET1、FET2、FET3、FET4 電界効果トランジスタ

R 抵抗器

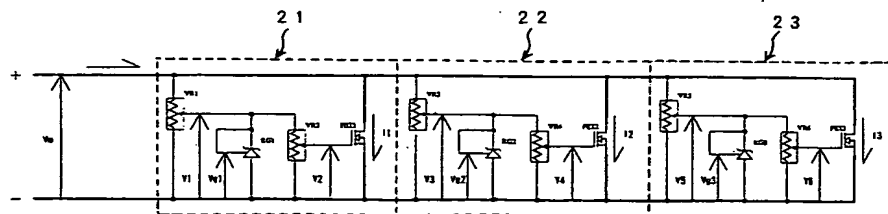
VR9 可変抵抗器

20

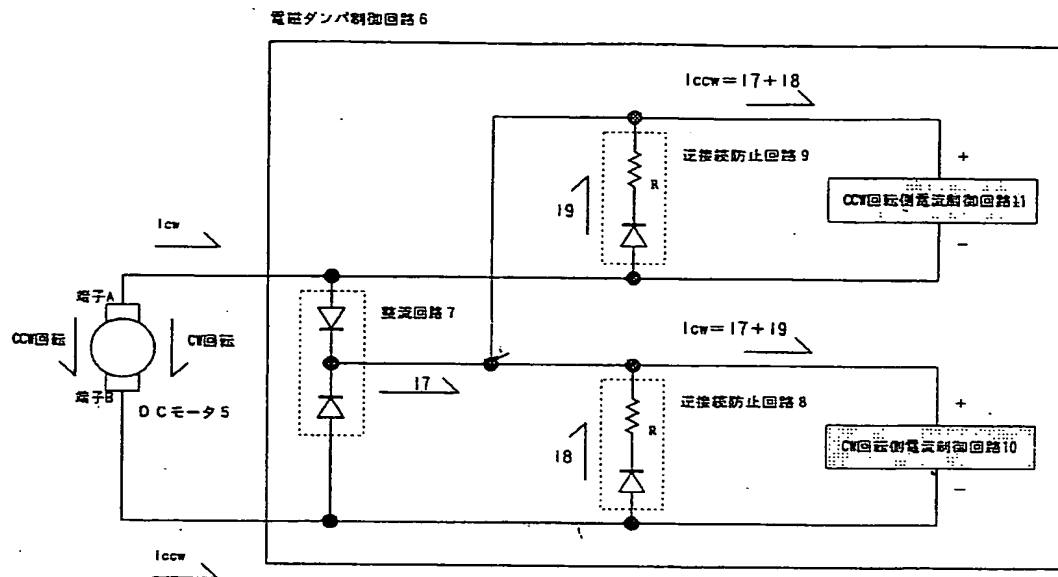
【図1】



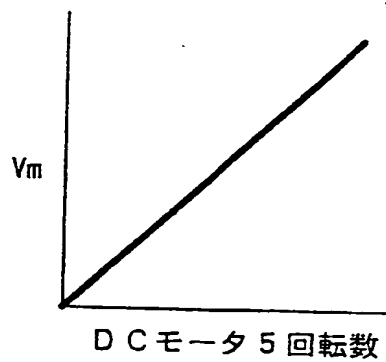
【図3】



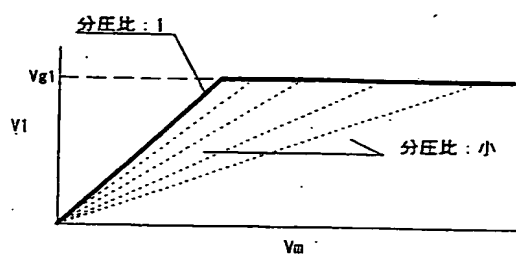
【図2】



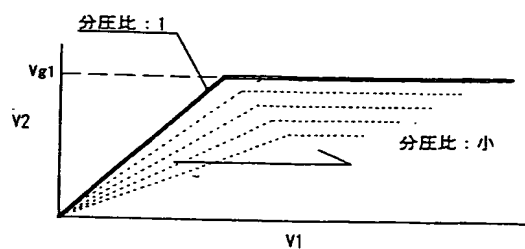
【図4】



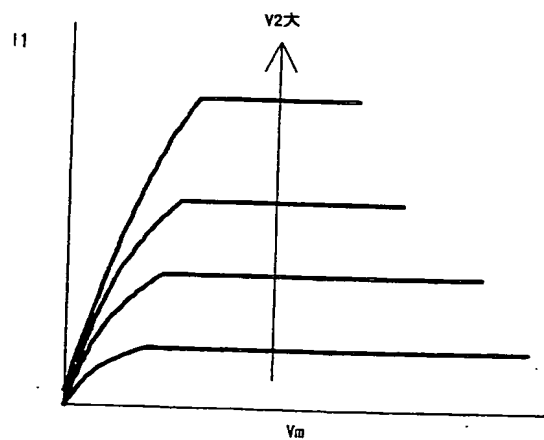
【図5】



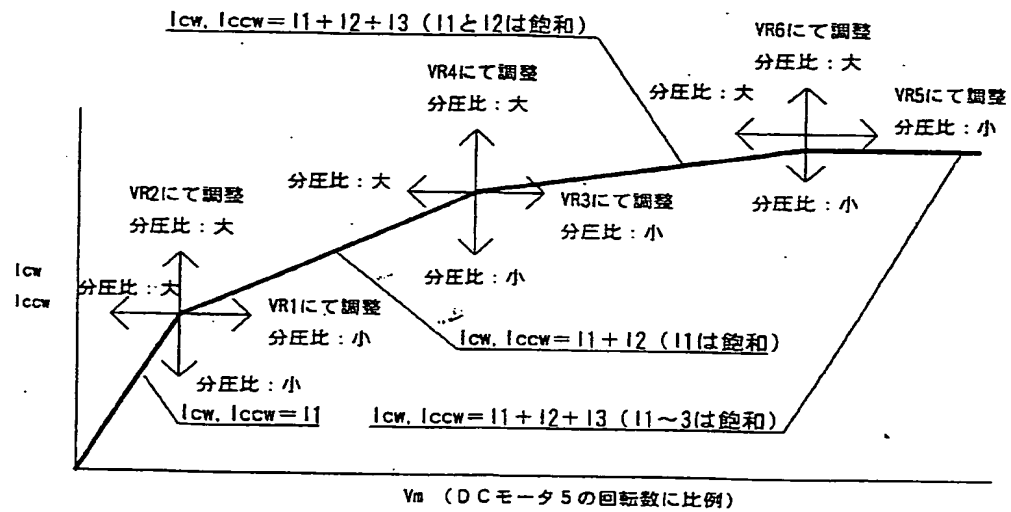
【図6】



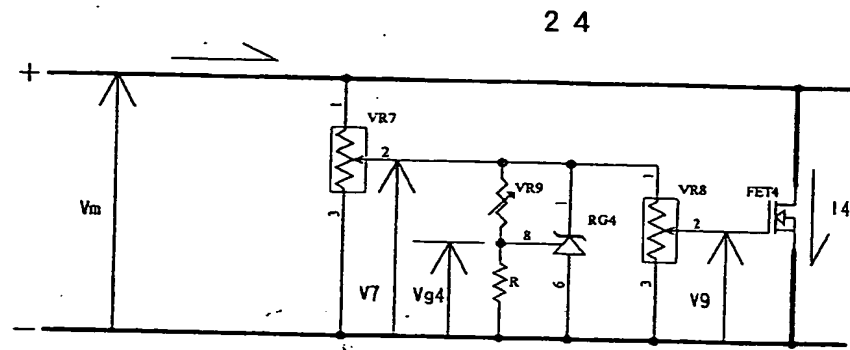
【図7】



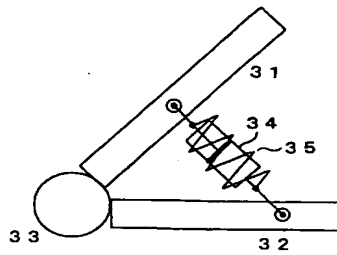
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 檜尾 幸司

東京都目黒区駒場四丁目6番1号 東京大  
学生産技術研究所内

(72)発明者 近藤 卓宏

東京都港区浜松町二丁目4番1号 世界貿  
易センタービル カヤバ工業株式会社内

(72)発明者 山形 英城

東京都港区浜松町二丁目4番1号 世界貿  
易センタービル カヤバ工業株式会社内

Fターム(参考) 3J048 AA07 AC08 BE09 EA36 EA38